

高機能4輪PMVの車輪移動における乗り心地向上に関する研究

60200049 小杉哲平

発表日 2019年10月17日

【動作について】

- ・各軸の角度に車体の各部の長さが含まれていないのはなぜか.

旋回時に搭乗部が傾斜している機体を考える際のモデルを以下の図1の機体モデルのようなモデルを考えます.

このモデルの各部の長さや各部の角度をもとに任意の搭乗部姿勢と旋回半径の時の各駆動軸の角度を導出しています.その結果として各部の長さや角度の関係は,前後ステア軸間距離 A と脚長さ L_r ,車輪角度 θ_{wf} ,ステア角度 θ_{sf} ,ロール角度 θ_{rf} で表されます.

以下がその導出過程で,各駆動軸の角度と旋回半径の関係は以下の①～⑤のように求められます.

①脚先位置の導出

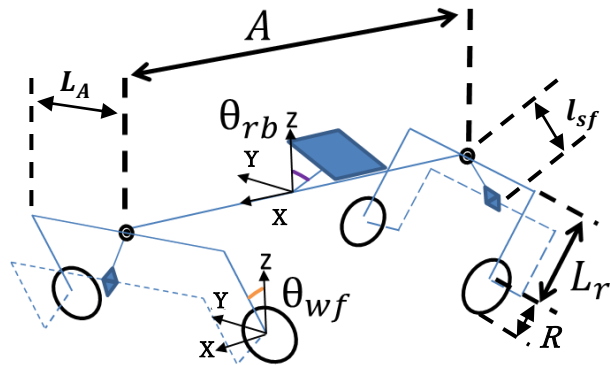


図1.機体モデル

胴体中心を原点とし,機体進行方向をX軸、左右方向をY軸とする座標系を設定し順運動学より脚先位置を求めます.

以下は左前脚先の位置を表した行列式です.ただし R は車輪半径としています.

$$\begin{aligned}
 {}^0P_{wfr} &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_{rb} & -\sin\theta_{rb} & 0 \\ 0 & \sin\theta_{rb} & \cos\theta_{rb} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta_{sf} & -\sin\theta_{sf} & 0 & \frac{1}{2}A \\ \sin\theta_{sf} & \cos\theta_{sf} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\
 &\quad \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & l_{sf} \\ 0 & \cos\theta_{rf} & -\sin\theta_{rf} & 0 \\ 0 & \sin\theta_{rf} & \cos\theta_{rf} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta_{wf} & 0 & \sin\theta_{wf} & -l_{sf} \\ 0 & 1 & 0 & -L_A \\ -\sin\theta_{wf} & 0 & \cos\theta_{wf} & -L_r \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -R \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)
 \end{aligned}$$

②車輪角度 θ_{wf} の関係式の導出

モデルは常に平面を移動するものと仮定すると①で求めた4脚の座標のうちZ座標は常に一定値となり4脚ともに等しくなります。また、係数が車輪半径Rの項はZ座標には表れないためこれらの条件を考慮すると以下の式が導出されます。

$$\sin\theta_{rf} \times \sin\theta_{sf} \times \cos\theta_{wf} + \sin\theta_{wf} \times \cos\theta_{sf} = 0 \quad (2)$$

この式を整理して

$$\tan\theta_{wf} = -\tan\theta_{sf} \times \sin\theta_{rf} \quad (3)$$

が導出できます。

③搭乗部傾斜角度 θ_{rb} の関係式の導出

モデルは水平面上を移動すると仮定されているため4脚の座標のうちZ座標は常に一定値となり4脚ともに等しくなります。そのため前左右脚のZ座標の差が0であるという条件から次の式が成り立ちます。

$$-L_A(\sin\theta_{rb}\cos\theta_{rf}\cos\theta_{sf} + \sin\theta_{rf}\cos\theta_{rb}) - L_A(\sin\theta_{rb}\cos\theta_{rf}\cos\theta_{sf} + \sin\theta_{rf}\cos\theta_{rb}) = 0 \quad (4)$$

この式を整理することで搭乗部傾斜角度関係式が導出されます。

$$\tan\theta_{rf} = -\tan\theta_{rb} \times \cos\theta_{sf} \quad (5)$$

この時、図1の長さが L_A のアーム部と長さが L_r の脚部は剛体として常に90度の関係を保っているため、脚長さである L_r は含めずに表すことができます。

④投影ステア角度 θ_{leg} の関係式の導出

また、図2のようにモデルを水平面に投影した際の投影ステアリング角度 θ_{leg} を求める際にはステア軸とロール軸の駆動点間の距離 l_{sf} を考慮しますが、最終的に脚長さである L_r とステア角度と搭乗部傾斜角度で表しています。

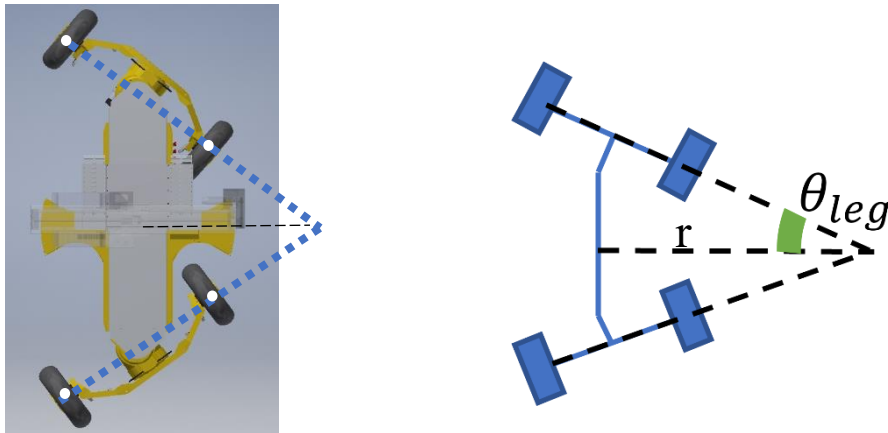


図2.水平投影モデル

$$\tan\theta_{leg} = -\tan\theta_{sf} \times \sin\theta_{rb} \quad (6)$$

⑤旋回半径

旋回半径 r は図 2 のように胴体中心の水平投影点と旋回中心との距離としています。
この距離を幾何学的に求めると以下の式のように導出されます。

$$r = \frac{-2Lr \frac{\sin\theta_{wf}}{\cos\theta_{leg}} + A}{2\tan\theta_{leg}} \quad (7)$$

・ 旋回時の最高速や搭乗部の傾きに制限はかけているのか。

現在の動作では旋回時の搭乗部の傾きに制限はかけていません。

搭乗者にかかる力の合力がシート座面方向になるように制御を行っており、搭乗者の姿勢が安定する動作だと考えています。そのため、速度と旋回半径によって導出された角度に制御を行っています。動作の評価をアンケートなどにより行い、その結果より最高速度などの制限を検討していきます。

・ 人の歩行に合わせる必要はあるのか。

想定する環境を人との混在空間とするため、人の歩行の妨げになるような遅い動作や高速な移動は、人が機体に対して必ず回避しながら移動する必要があると使用環境では不適な動作であるといえます。そのため、人の歩行をなるべく妨げない移動をおこなうため、人の歩行速度程度での移動を前提に動作の検討を行います。

・ 搭乗部の加速度はどのよう算出するのか。

車輪や機体の各軸の角速度より、機体胴体速度から搭乗部の加速度を算出します。

今後実際に搭乗部の加速度を測定する必要があると搭乗部にセンサを取り付け、加速度を測定することを検討します。

・ 乗り心地を向上させるためにハードウェアの改良は行わないのか。

世界的に多く開発されている PMV に多く見られる搭乗者の姿勢を安定させることができる機構を用いてより乗り心地の良い動作の検討を行います。

そのためハードウェアの改良により乗り心地の向上は確かに見込めると考えますが本研究は高機能 4 輪 PMV の乗り心地の良い車輪移動の検討を目的としており、ハードウェアの改良によってではなく動作を改良することにより乗り心地の向上を目指します。

【評価について】

・ 定量的な評価を行う予定ですか.

乗り心地を向上させるためには,搭乗者の乗り心地を感覚から得られる官能評価に基づく評価が必要であると考え,本研究では加速度という定量的な制御量を変更し,乗り心地の向上を図るため主観的なアンケートでの評価を行おうと考えています.

また,評価の向上を図る上で加速度という定量的な値を変更することで,乗り心地と定量的な測定量の相関を評価しようと考えています.

・ 姿勢を傾けることによって不快に感じることはないのか.

本動作では遠心力の大きさにより機体の傾斜角度が変化するようにしています.よって速度と旋回半径に応じて機体の傾斜する角度が変化すると考えられます.そのため急激な進行方向の変化や加速など乗り心地にどのように影響を及ぼすかをあらかじめする必要があると考えています.その結果を考察することにより,より乗り心地良い動作を考案しようと考えています.